SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA APLICADOS A ESTUDOS INTEGRADOS DE ANÁLISE AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO JOÃO-RJ

Marcos Wellausen Dias de FREITAS[1]
Dênis de Moura SOARES[2]
Sandra Baptista da CUNHA[3]

RESUMO

Este trabalho pretende mostrar a utilidade das ferramentas de geoprocessamento em Sistemas de Informação Geográfica para estudos de análise ambiental de cunho integrado e complexo que são fundamentais para o planejamento e gestão ambientais na bacia hidrográfica do rio São João-RJ. O objetivo de tal trabalho foi a realização de um banco de dados geográfico com os mapeamentos dos geossistemas ou unidades de paisagem da área (Freitas e Cunha, 2003 e 2004), da cobertura vegetal e uso do solo, e da modelagem numérica do terreno e seus produtos derivados. Tais mapeamentos atualizados servem de subsídio para as ações da sociedade em busca de uma relação mais equilibrada e sustentável com a natureza, que foi severamente castigada na dinâmica sócio-histórica e o processo de ocupação do espaço baseado na exploração dos recursos naturais em suas diversas fases como no caso da referida bacia hidrográfica (Freitas e Cunha, 2004).

O mapa dos geossistemas foi realizado através da digitalização do mapeamento de hólons ou unidades geossistêmicas de Freitas e Cunha (2004), com posterior georreferenciamento e digitalização. O mapa da cobertura vegetal e uso do solo teve base na imagem do Landsat 7-ETM+ que foi corrigida geometricamente e recortada, sendo realizada uma classificação supervisionada através do algoritmo MAXVER, com a coleta de amostras de treinamento baseadas na interpretação visual da imagem. A modelagem numérica do terreno foi baseada nos dados do radar SRTM, com os valores originais negativos corrigidos, que foram transformados de sua resolução original (90m) para a resolução de 30m, através de interpolação por convolução cúbica; sendo realizados os produtos de imagem sombreada do relevo, mapa de declividades, além da visualização em 3D da área. Ainda foi realizada uma tabulação cruzada entre os planos de informação dos geossistemas e da cobertura vegetal e uso do solo para a extração de informações estatísticas.

A bacia do rio São João apresenta uma grande heterogeneidade paisagística, tendo já sido realizados estudos buscando a caracterização de suas unidades de paisagem ou geossistemas através de um enfoque integrado e interdisciplinar, buscando as relações complexas entre as variáveis ambientais físicas, ecológicas e sociais (Freitas e Cunha, 2004). As unidades de paisagem foram denominadas hólons por Freitas e Cunha (2004), representando estruturas intermediárias na organização hierárquica da dinâmica espacial como entidades auto-reguladoras que manifestam tanto as propriedades de totalidade como as propriedades das partes. Tais hólons foram classificados conforme suas características em hólons serrano, de planalto muito dissecado, de colinas, aluvial e litorâneo.

A modelagem topográfica é um instrumento fundamental para estudos geomorfológicos e ambientais de forma geral na bacia hidrográfica, sendo derivados os produtos de imagem sombreada do relevo, mapa de declividade e visualização em 3D da bacia hidrográfica.

1 Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Mestrando em Sensoriamento Remoto, freitas@ltid.inpe.br
2 Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Mestrando em Sensoriamento Remoto, denis@ltid.inpe.br
3 Universidade Federal Fluminense, Profª. Adjunta, sandracunha@openlink.com.br

O mapa de uso do solo e cobertura vegetal permitiu a integração de seus dados com o mapa dos geossistemas, revelando o grau de alteração antrópica da paisagem em cada geossistema. Esta integração é fundamental para a avaliação de propostas de gestão ambiental da bacia como as apresentadas por Freitas e Cunha (2004) que se mostraram adequadas e atualizadas com as principais problemáticas ambientais da área de estudo.

1. Introdução

Este trabalho pretende mostrar a utilidade das ferramentas de geoprocessamento em Sistemas de Informação Geográfica para estudos de análise ambiental de cunho integrado e complexo que são fundamentais para o planejamento e gestão ambientais na bacia hidrográfica do rio São João-RJ. O objetivo de tal trabalho foi a realização de um banco de dados geográfico com os mapeamentos dos geossistemas ou unidades de paisagem da área (Freitas e Cunha, 2003 e 2004), da cobertura vegetal e uso do solo, e da modelagem numérica do terreno e seus produtos derivados. Tais mapeamentos atualizados servem de subsídio para as ações da sociedade em busca de uma relação mais equilibrada e sustentável com a natureza, que foi severamente castigada na dinâmica sócio-histórica e o processo de ocupação do espaço baseado na exploração dos recursos naturais em suas diversas fases como no caso da referida bacia hidrográfica (Freitas e Cunha, 2004).

As preocupações com a preservação ambiental na área começaram nos anos de 1970, através da tentativa de conservação do habitat do mico-leão-dourado e da coleira-de-preguiça, ameaçadas de extinção. A partir das novas políticas e sistemas de gestão ambientais adotadas no Brasil nos anos 90, a preocupação na área passou a ser a criação de instrumentos de gestão da bacia hidrográfica no modelo de gestão participativa. Foi criado para tal, em 1999, o Consórcio Intermunicipal para Gestão Ambiental das Bacias da Região dos Lagos, do Rio São João e Zonas Costeiras ou Consórcio Intermunicipal Lagos–São João, envolvendo as secretarias municipais, as empresas e as entidades da sociedade civil, procurando um modelo de planejamento e gestão participativa. A atividade do Consórcio levou à criação, em 2002, do Comitê das Bacias Hidrográficas das Lagoas de Araruama e Saquarema e dos Rios São João, Una e Ostras, com representantes dos governos municipais envolvidos e da sociedade civil.

2. Materiais e metodologia

2.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio São João-RJ, transformada em Área de Proteção Ambiental pelo poder público federal (APA Bacia do Rio São João/Mico-leão-dourado, decreto de 26/06/2002), localiza-se no Estado do Rio de Janeiro, sudeste brasileiro, entre as coordenadas de 22° 20’ e 22° 50’ S de latitude e de 42° 00’ e 42° 40’ W de longitude (figura 1). Apresenta cerca de 2300 km² de área, em forma de pêra, com as unidades de conservação da Reserva Biológica de Poço das Antas, a REBIO União, de caráter federal, e o Parque Estadual dos Três Picos.

2.2 Materiais

Foram utilizados os softwares Spring 4.1, na montagem do banco de dados geográfico e edição dos dados, Envi 4.0 para as operações de processamento digital de imagens e de modelagem numérica do terreno (MNT) e Erdas 8.4 para a realização de operação de tabulação cruzada. Foi utilizada uma imagem Landsat 7-ETM+ (órbita 217, ponto 76) de 13 de fevereiro de 2003 com as bandas 3, 4, 5 e 7. A base cartográfica foi composta por oito cartas topográficas na escala 1:50.000 do IBGE, cobrindo a área de estudo.

2.3 Metodologia

O mapa dos geossistemas foi realizado através da digitalização do mapeamento de hólons ou unidades geossistêmicas de Freitas e Cunha (2004), com posterior georreferenciamento e edição. O mapa da cobertura vegetal e uso do solo teve base na imagem do Landsat 7-ETM+ que foi corrigida geometricamente e recortada, sendo realizada uma classificação supervisionada através do algoritmo MAXVER, com a coleta de amostras de treinamento baseadas na interpretação visual da imagem. A modelagem numérica do terreno foi baseada nos dados do radar SRTM, com os valores originais negativos corrigidos, que foram transformados de sua resolução original (90m) para a resolução de 30m, através de interpolação por convolução cúbica; sendo realizados os produtos de imagem sombreada do relevo, mapa de declividades, além da visualização em 3D da área. Ainda foi realizada uma tabulação cruzada entre os planos de informação dos geossistemas e da cobertura vegetal e uso do solo para a extração de informações estatísticas.

3. Resultados

3.1 Geossistemas ou unidades de paisagem

A bacia do rio São João apresenta uma grande heterogeneidade paisagística, tendo já sido realizados estudos buscando a caracterização de suas unidades de paisagem ou geossistemas através de um enfoque integrado e interdisciplinar, buscando as relações complexas entre as variáveis ambientais físicas, ecológicas e sociais (Freitas e Cunha, 2004).

Cabe lembrar que a referida bacia foi alvo de impactos de grande porte ao longo de seu processo de ocupação sócio-histórico, desde os primeiros desmatamentos da Mata Atlântica e a cultura intensiva do café no século XIX, até as grandes obras de engenharia a partir de meados do século XX (construção de estradas como a BR-101, retificação e canalização de rios, construção da barragem de Juturnaíba e outras). Tais impactos acarretaram graves conseqüências ambientais, especialmente de caráter geomorfológico, hidrológico e ecológico, sendo somadas com os impactos anteriores para o desequilíbrio ambiental da área. (Cunha, 1995; Freitas e Cunha, 2004)

As unidades de paisagem foram denominadas hólons (Figura 1) por Freitas e Cunha (2004), baseados em Monteiro (2001), representando estruturas intermediárias na organização hierárquica da dinâmica espacial como entidades auto-reguladoras que manifestam tanto as propriedades de totalidade como as propriedades das partes. Tais hólons podem ser assim classificados:

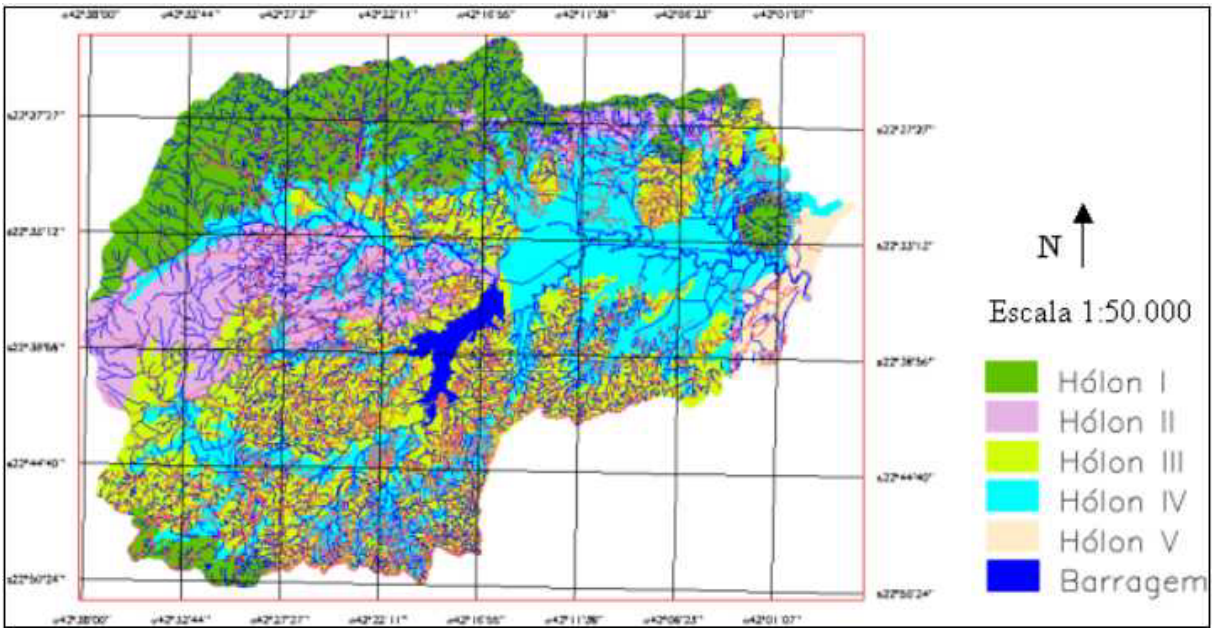

Figura 1: Mapa dos geossistemas (hólons) da bacia do rio São João.

(1) Hólon I: Clima tropical úmido sujeito à fatores orográficos, devido à topografia e proximidade do oceano, com precipitação anual média acima de 2300 mm. Sua litologia é composta por unidades metamórficas (Complexo do Litoral Fluminense e Grupo Serra dos Órgãos) e unidades intrusivas alcalinas, constituídos de migmatitos associados a gnaisses e a gnaisses granitóides, com fraturamentos de direções divergentes. Apresenta relevo montanhoso e acidentado, com fortes declividades e altitudes entre 100 e 1800 m, com encostas em regra abruptas e íngremes, de forma retilínea a convexa, com topos em crista e ricas em rupturas de declive; na baixa encosta apresentam depósitos de tálus. A cobertura vegetal da Mata Atlântica subdivide-se em dois tipos: Floresta Pluvial Atlântica montana e baixo-montana. O primeiro tipo encontra-se nas altitudes mais elevadas, entre 800 e 1700 m, com árvores de média de altura entre 20 e 30 m, abrigando espécies de caráter ombrófilo como o palmito (Euterpe edulis), diversas canelas e outras. O segundo reveste as altitudes entre 300 e 800 m, com a estrutura e composição variando conforme as condições ambientais, apresenta as árvores da abóbada florestal alcançando 12 a 25 m de altura, com menor densidade e número de epífitas, grandes ervas e palmeiras. Entre os principais impactos antropogênicos, está o processo de substituição da mata original, denominado de fragmentação florestal. Outro processo fundamental para a compreensão da dinâmica desse hólon são os processos erosivos (ravinas e voçorocas) facilitados naturalmente pelas altas declividades das vertentes e acelerados por atividades antrópicas, como atividades de agricultura intensiva e predatória na baixa encosta, e exploração madeireira para carvão.

(2) Hólon II: Apresenta um clima bastante chuvoso, com precipitação anual média de 2101,2 mm, devido às chuvas orográficas existentes também na base da serra. A base geológica é a unidade metamórfica do Complexo do Litoral Fluminense, abordado anteriormente. A unidade morfo-fisiográfica de planalto muito dissecado, com altitudes variando entre 100 m e 900 m, tem encostas íngremes, apresentando declividades superiores a 45% com ombreiras mais alargadas e setores de encosta mais suaves com declividades entre 6 e 20%. A vegetação segue o padrão visto no hólon anterior, com a predominância da Floresta Pluvial baixo montana, extremamente degradada devido às atividades antrópicas, com a predominância de áreas com vegetação pioneira e de capoeiras em estágios de sucessão secundários. A principal atividade na área é a pecuária extensiva, conjuntamente à atividades agrícolas, com os impactos antropogênicos em tal área se referindo ao grande desmatamento e processos erosivos, predominando processos de ravinamento e rastejamento facilitados pelo pisoteio do gado.

(3) Hólon III: O clima desta unidade apresenta precipitações totais médias anuais entre 1715,9 mm e 2005,9 mm, apresentando o lugar intermediário nas precipitações entre as unidades da bacia. A geologia de tal hólon corresponde na sua maior parte à unidade metamórfica do Complexo do Litoral Fluminense, abordada anteriormente. Em sua geomorfologia, apresenta duas unidades morfo-fisiográficas de características colinosas: colinas do tipo meia laranja e colinas pouco dissecadas. As colinas do tipo meia laranja caracteriza-se por uma topografia mais rebaixada, com altitudes até 100 m, e níveis topográficos escalonados de 100-80 m, 80-60 m e 60-40 m; com vertentes simétricas, de geometria côncavo-convexas, por vezes com topo convexo alongado, inseridas na planície aluvial e intercaladas por vales pouco alargados e de fundo plano, além de declives acima de 45% nas encostas íngremes e inferiores a 6% nas planícies e terraços aluviais. A unidade de colinas pouco dissecadas apresenta níveis altimétricos entre 50-60 m e 30-40 m, com declives entre 1 e 6%, tendo forma de colinas alongadas, de topos tabulares e vertentes suaves. A Floresta Atlântica Pluvial baixo montana se apresenta atualmente neste hólon restrita às formações secundárias no topo das elevações, devido ao desmatamento histórico responsável pela grande fragmentação florestal. Os impactos antropogênicos nas condições paisagísticas originais de tal unidade provém das atividades históricas de desmatamento, a pecuária intensiva e atividades agrícolas degradantes.

(4) Hólon IV: O clima varia entre o setor de tal unidade considerado, tendo o baixo vale do rio São João um clima mais seco, em virtude da proximidade do litoral, e os outros setores a

montante climas mais úmidos. A geologia apresenta predominância de unidades sedimentares quaternárias com depósitos fluviais (material argilo-arenoso) e colúvio-alúviais (areias médias a grosseiras, feldspáticas e pouco selecionadas); ocorrendo ainda a presença de depósitos recentes de carvão relacionados aos ambientes de sedimentação alagadiços e lagunares responsáveis pela formação de turfeiras. A unidade morfo-fisiográfica de vales alargados representa os terraços e as planícies de inundação dos rios São João, Capivari e Bacaxá, com declives dominantes inferiores a 1%, com exceção do alto curso e dos cursos nas proximidades de colina meia laranja, onde atingem 6% e altitudes de até 23 m, no alto curso, e de 5-6 m no baixo vale do rio São João. Os ecossistemas principais de tal unidade são a mata ciliar e os ambientes lacustres e pantanosos, sendo esses meios adaptações da Mata Atlântica às condições ambientais locais mais úmidas. Entre as principais características de sua ocupação está a grande degradação antrópica ocasionada pelas obras de engenharia, como a retificação de canais. As grandes transformações antrópicas no ambiente vieram a partir de meados do século XX, com as sucessivas retificações nos cursos dos rios São João, Bacaxá e Capivari por de obras de canalização, e a construção do reservatório de Juturnaíba. O baixo vale do rio São João apresenta atividades agrícolas, como a cana-de-açúcar e o arroz, sem métodos de manejo ambiental.

(5) Hólon V: As características climáticas apontam a existência de um clima mais seco, com os mais baixos valores da precipitação anual, entre 1090,3 e 1177,8 mm. A geologia desta área é dominada por unidades sedimentares compostas de sedimentos flúvio-marinhos (areias finas a medias, argilas turfosas e argilas orgânicas finas) que formam as restingas. A geomorfologia é representada pela unidade morfo-fisiográfica do litoral que inclui a planície costeira e os cordões de restinga, com uma topografia quase horizontal na desembocadura do rio São João, com declividade de 1 a 6%. A cobertura vegetal de tal hólon apresenta duas formações principais: a restinga e o mangue, sendo a restinga correspondente a uma pequena faixa arenosa, com a presença de antigos cordões litorâneos e com vegetação psamófila, adaptada aos solos arenosos, e vegetação halófila-psamófila, em meios arenosos ricos em sal. O mangue está restrito aos meios salobros perto da desembocadura do rio São João em faixas de solo lodoso sujeito à salinidade emitida pelo ingresso das marés, encontrando-se bastante degradado, inclusive com a transição do mangue para a restinga tendo sido destruída na década de 70. Os impactos antrópicos são decorrentes da urbanização e do processo de abertura de estradas, loteamentos, incremento de atividades turísticas, etc; com conseqüências diretas sobre a cobertura vegetal original litorânea.

3.2 Modelagem numérica do terreno

A modelagem topográfica é um instrumento fundamental para estudos geomorfológicos e ambientais de forma geral na bacia hidrográfica, sendo os seus dados passíveis de serem utilizados em variados estudos como: a análise da compartimentação topográfica e estrututra superficial da paisagem, análise de riscos ambientais (deslizamentos, inundações, etc.), estudos de toposseqüência envolvendo variáveis edáficas e fitogeográficas, entre tantos outros. Neste trabalho foi realizada através da interpolação por convolução cúbica dos dados originais do radar SRTM (90 m) para a resolução de 30 m, sendo derivados os produtos de imagem sombreada do relevo, mapa de declividade e visualização em 3D da bacia hidrográfica.

Figura 2: Visualização 3D da área de estudo e arredores.

A visualização em 3D (Figura 2), correspondendo à junção do MNT com a imagem Landsat 7-ETM+, se mostrou um importante produto da modelagem topográfica devido seu ao caráter didático, onde a interpretação do relevo independe de conhecimentos específicos para a interpretação da informação topográfica existente no MNT.

A imagem sombreada do relevo (Figura 3) permitiu uma interpretação mais fina e coerente da morfo-fisiografia e dos compartimentos topográficos da área, com o reconhecimento das unidades morfo-fisiográficas estabelecidas por Cunha (1995), já abordadas na caracterização dos geossistemas, correspondendo a tais formas de relevo: montanhoso e acidentado, planalto muito dissecado, colinas do tipo meia laranja, colinas pouco dissecadas, vales alargados (planícies de inundação e terraços fluviais) e litorâneo.

Outro importante produto da modelagem topográfica foi o mapa de declividade (Figura 4) que, além de permitir uma caracterização dos compartimentos topográficos, é dado fundamental em diversos estudos ambientais desde as análises de risco ambiental até os estudos de Zoneamento Ecológico-Econômico de caracterização do meio físico-biótico.

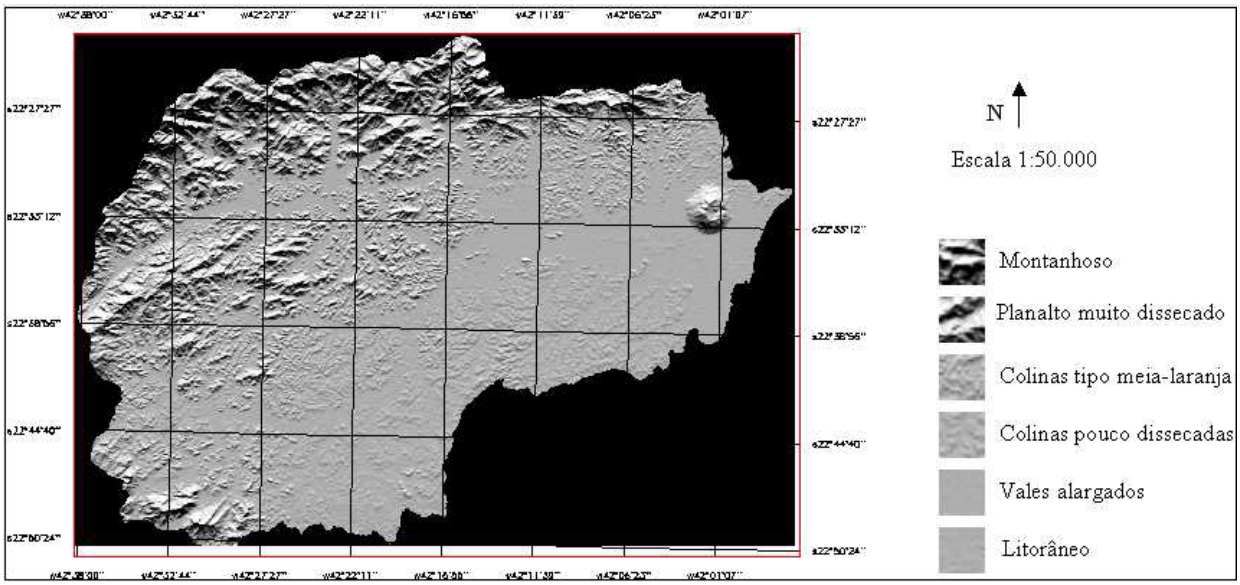

Figura 3: Imagem sombreada do MNT da bacia hidrográfica.

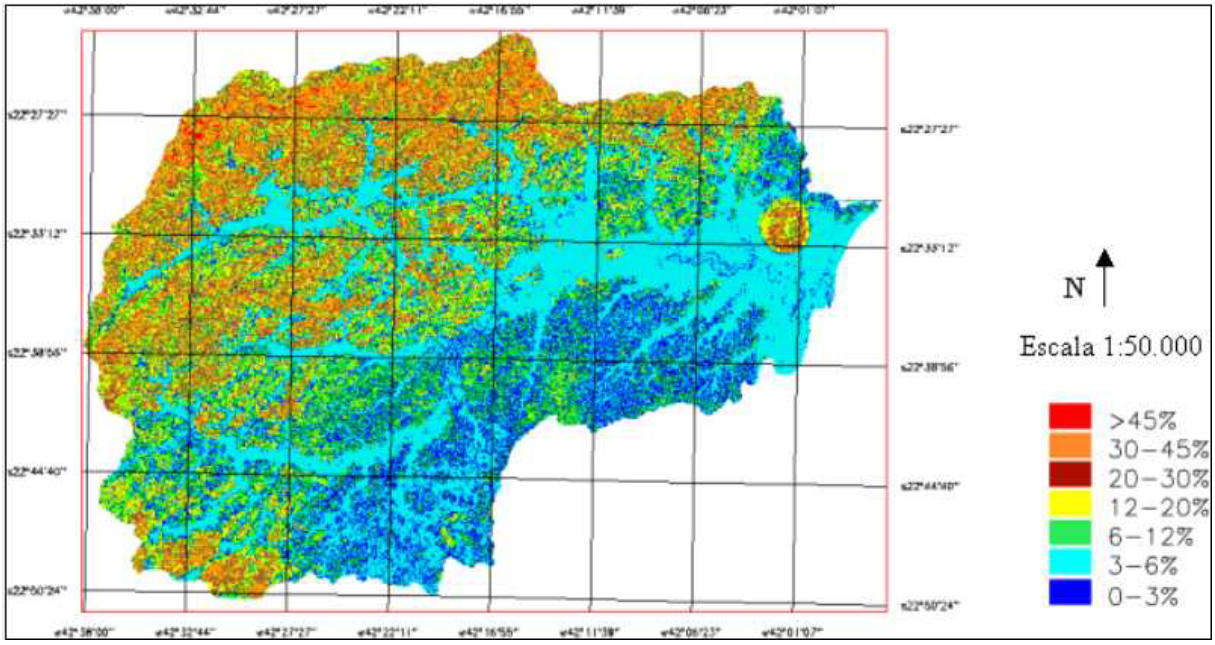

Figura 4: Mapa de declividades.

3.3 Mapeamento da cobertura vegetal e uso do solo

Tal mapeamento foi realizado com base na interpretação visual da imagem Landsat 7-ETM+, sendo utilizada uma chave de interpretação com os parâmetros forma, textura, padrão, sombra e localização em conjunto com as características de reflectância dos alvos, traduzidas em diferentes cores nas variadas composições RGB de bandas espectrais; elementos de interpretação citados por Florenzano (2002). Estes elementos de interpretação serviram para a seleção de classes de uso e aquisição de amostras para a operação de classificação supervisionada que foi posteriormente editada também com base na interpretação visual da imagem. A metodologia de classificação semi-automática utilizada se mostrou importante na obtenção de resultados mais precisos, principalmente por não ser baseada somente nas características radiométricas de reflectância dos alvos (tonalidades) e por incorporar outros elementos de interpretação (King, 2002).

O mapa de uso do solo e cobertura vegetal (Figura 5) retrata de forma indireta o grau de alteração antrópica da paisagem na referida bacia, ocasionado pelo uso irracional dos recursos naturais (em especial da cobertura vegetal nativa substituída por vegetação secundária ou capoeiras, pastagens e culturas agrícolas sem técnicas de manejo), pelas agressões de grande porte impostas pelas obras de engenharia (estradas, retificação de canais, construção da barragem de Juturnaíba e outras) e outras formas de degradação ambiental com raízes na ocupação histórica e extremamente aceleradas a partir de meados do século XX (urbanização e impactos associados, à ação antrópica).

	Hólon I		Hólon II		Hólon III		Hólon IV		Hólon V	
Floresta	44,5%	21.886 ha	9,6%	3.012 ha	0,62%	467 ha	0,59%	297 ha	-	-
Veg. secund.	36,8%	18.121 ha	52,0%	16.249 ha	23,4%	17.730 ha	23,1%	15.364 ha	11,5%	718 ha
Agricultura	4,2%	2.087 ha	14,0%	4.399 ha	35,0%	26.451 ha	39,9%	26.562 ha	28,5%	1.777 ha
Pastagem	14,4%	7.082 ha	23,8%	7.439 ha	40,2%	30.413 ha	33,5%	22.283 ha	25,8%	1.612 ha
Urbano	-	-	0,41%	127 ha	0,55%	414 ha	1,64%	392 ha	30,9%	1.926 ha
Mata ciliar	0,06%	27 ha	0,08%	25 ha	0,05%	37 ha	0,73%	483 ha	-	-
Mangue	-	-	-	-	-	-	-	-	1,45%	90 ha

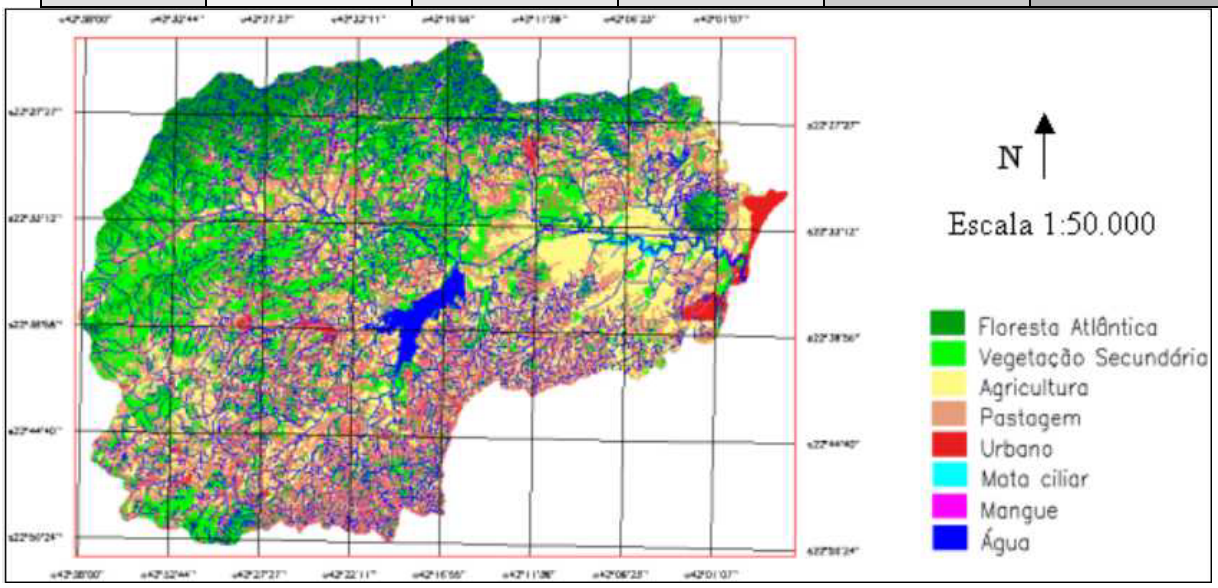

Figura 5: Mapa de cobertura vegetal e uso do solo.

Tal mapeamento também permitiu a integração de seus dados com o mapa dos geossistemas, revelando o grau de alteração antrópica da paisagem em cada geossistema. Esta integração é fundamental para a avaliação de propostas de gestão ambiental da bacia como as apresentadas por Freitas e Cunha (2004) que se mostraram adequadas e atualizadas com as principais problemáticas ambientais da área de estudo.

Tabela 1: Percentagens de uso do solo nos diferentes geossistemas da bacia do rio São João.

O hólon I apresenta a maior área da bacia de floresta (44,5% do hólon), sendo também marcante a presença de vegetação secundária e de pastagens, representando o geossistema mais conservado da bacia. O hólon II é representado pela grande área de capoeiras (52%), além de pastagens (23,8%), agricultura (14%) e fragmentos de floresta (9,6%), mostrando ser uma unidade de paisagem bastante degradada, mas em estágio de sucessão vegetal. O hólon III apresenta grande uso do solo com atividades de agricultura

(40,2%) e pastagens (35%), além de capoeiras (23,4%), retratando a ocupação de cunho agrícola na área das colinas do tipo meia-laranja. O hólon IV também apresenta grande ocupação antrópica com a presença de agricultura (39,9%) e pastagens (33,5%), além de vegetação secundária (23,1%), revelando o grau de antropização dos ambientes aluviais da bacia. O hólon V apresenta na sua maioria a ocupação urbana (30,9%), seguida de atividades agropecuárias, o que representa o processo de urbanização da área litorânea da bacia.

4. Conclusão

As aplicações de geoprocessamento e sensoriamento remoto se mostraram fundamentais para os estudos de análise ambiental como os geossistemas ou unidades de paisagem, sendo tal trabalho um exemplo de tais aplicações no estudo integrado de bacias hidrográficas. Esta importância se relaciona diretamente aos produtos cartográficos como os mapeamentos dos geossistemas propriamente, do uso do solo atual e da modelagem topográfica e seus produtos. Tais produtos são elementos importantes para a realização de uma vasta gama de estudos ambientais mais ou menos especializados que fornecem as bases ao estudo integrado e dinâmico da paisagem e de suas complexas interações entre variáveis físicas, ecológicas e sociais. Além disto, a organização de tais informações espaciais num banco de dados geográfico permite a realização e prosseguimento de tais pesquisas que podem ser diretamente aplicadas no planejamento e gestão ambiental de cunho sustentável da bacia hidrográfica do rio São João.

Referências

Cunha, S. B. da. **Impactos das obras de engenharia sobre o ambiente biofísico da bacia do rio São João**. Rio de Janeiro, Edição do autor, 1995.

Florenzano, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo, Oficina de Textos, 2002, 97p.

Freitas, M. W. D. de; Cunha, S. B. da. Fisiologia da paisagem e geossistemas: contribuições metodológicas integradoras do pensamento geográfico. **Geouerj-Revista do Departamento de Geografia**, Rio de Janeiro, UERJ, n. esp., 2003, p.664-667. Disponível em: http://www.cibergeo.org/xsbgfa/cdrom/eixo3/3.2/269/269.htm. Acesso em 23 out. 2004.

_____;_____. Geossistemas e gestão ambiental na bacia hidrográfica do rio São João-RJ. **Revista Ciência e Natura**, Universidade Federal de Santa Maria, ed. esp., 2004, p.365-388.

King, R. B. Land cover mapping principles: a return to interpretation fundamentals. **International Journal of Remote Sensing**, v.23, n.18, 2002, p.3525-3545.

Monteiro, C. A. de F. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo, Contexto, 2001, 127p.